

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-212042

(43)Date of publication of application : 06.08.1999

(51)Int.Cl. G02F 1/09

(21)Application number : 10-015892 (71)Applicant : MITSUBISHI GAS CHEM CO
INC

(22)Date of filing : 28.01.1998 (72)Inventor : SHIRAI KAZUSHI
ISHIKURA KENJI

(54) PRODUCTION OF FARADAY ROTATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a bismuth-substd. rare earth iron garnet single crystal film having the coercive force to prevent the degradation in the coercive force by cutting with a dicing machine.

SOLUTION: The process for producing the Faraday rotator consisting of cutting the bismuth-substd. rare earth iron garnet single crystal film having the characteristic to exhibit the coercive force even after an external magnetic field sufficiently larger than a satd. magnetic field is applied thereon and is then removed to a prescribed size is the process for producing the Faraday rotator which integrates an optical material by adhesion and fixation to the bismuth-substd. rare earth iron garnet single crystal film described above, then cuts the same by the dicing machine. As a result, the bismuth-substd. rare earth iron garnet single crystal film having the coercive force to prevent the degradation in the coercive force is obtd. Since the bismuth-substd. rare earth iron garnet single crystal film is integrated with the optical material as well, the assembly thereof is easy as well.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-212042

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 2 F 1/09

識別記号

5 0 1

F I

G 0 2 F 1/09

5 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-15892

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月28日

(71) 出願人 000004466

三菱瓦斯化学株式会社

東京都千代田区丸の内 2 丁目 5 番 2 号

(72) 発明者 白井 一志

東京都葛飾区新宿 6 丁目 1 番 1 号 三菱瓦斯化学株式会社東京研究所内

(72) 発明者 石蔵 賢二

東京都葛飾区新宿 6 丁目 1 番 1 号 三菱瓦斯化学株式会社東京研究所内

(54) 【発明の名称】 ファラデー回転子の製造法

(57) 【要約】

【目的】 ダイシングマシンによる切断によって、保磁力低下を防いだ保磁力を有するビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜を得る。

【解決手段】 飽和磁界よりも大きい十分な外部磁界を加えて、外部磁界を除いた後にも保磁力を示す特性のビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜を所定の大きさに切断することからなるファラデー回転子の製造法において、該ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜に光学材料を接着固定して一体化した後、ダイシングマシンにて切断するファラデー回転子の製造法。

【効果】 保磁力低下を防いだ保磁力を有するビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜が得られた。このビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜は光学材料も一体化されているので、組み立てなども容易となった。

合であり、図2～4はヒスナリシスを示す場合であり、特に図4は、角型ヒスナリシスの場合を示す。

【0004】まず、図1において、外部磁界を加えないとフナラ子回転子のフナラ子回転角は、ゼロ【0】、即ち、原点に位置する。外部磁界が徐々に強まる、即ち、フナラ子回転角の絶対値 $|\theta f|$ or $-\theta f$ と、フナラ子回転角の絶対値 $|\theta f|$ or $-\theta f$ は、右回りの回転をフナラ、左回りをフナラとする【0】は、経路a又は経路dを経て、次第に大きくなる【経路o→a→b、または、経路o→d→e】。外部磁界がある一定の磁界強度、すなわち、飽和磁界[Hs]に達すると、フナラ子回転角は、飽和した値【飽和磁界:b点又はe点】となる。更に外部磁界強度が強まっても、すでにフナラ子回転子は磁氣的に飽和してしまっているから、b→cまたはd→fへと移行するのみで、フナラ子回転角の大きさに変化はない。つぎに、外部磁界を徐々に弱めていくと、逆の経路、即ち、c→b→a→o、或いは、f→e→d→oと原点oに戻る。

【0005】飽和磁界の比較的大きなBIG膜、例えば、(HoTb)_{1-x}Fe_xO₂のフナラ子回転子の外部磁界に対する磁化特性、すなわち、外部磁界強度とフナラ子回転角との関係は、ヒスナリシスが小さく、概略図1のようである。ところが、BIG膜において、特に鉄Feの一部をアルミニウムAlやカリウムGaに置換した場合、通常、置換量に応じて飽和磁界Hsを下げたものが製造でき、かつ、置換量に応じて磁氣的なヒスナリシスが小さくなるという現象が見出された。

【0006】例えば、(GdBi)_{1-x}(FeAlGa)_xO₂は、外部磁界強度とフナラ子回転角との関係において、図2に示したように、外部磁界を強めて行くとき【経路o→a→b→c】、弱めて行くとき【経路c→b→a→o】をとる、その経路が異なる。ここに、このb'点を核形成磁界Hcが原点(o)を超えて、フナラ子側に入り込むもの(図3)となる。さらに、核形成磁界Hcの絶対値が飽和磁界Hsの絶対値よりも大きく、フナラ子側に入り込むものでは、四角形のヒスナリシスカーブを描く(図4)ものも見いだされている。

【0007】特に、図4の場合、一旦飽和された後は、この四角形のループを描くだけとなり、磁気方向の反転に必要な磁界がBIG膜本来の飽和磁界Hsよりも大きくないものもある。図3または図4のような磁氣的なヒスナリシスカーブを示すBIG膜は、外部磁界の無い状態でヒスナス置換希土類鉄ガリウム系単結晶膜が磁化を保磁していることになる。なお、この図3、4において、磁化したBIG膜の磁化方向に反対向きの外部磁界によってBは、保磁力と定義される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】保磁力の大きいBIG膜を利用することで、小型で組立コストの安い光アイソレ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 飽和磁界よりも大きい十分な外部磁界を加えて、外部磁界を除いた後にも保磁力を示す特性のヒスナス置換希土類鉄ガリウム系単結晶膜を所定の大きさに切断することからなるフナラ子回転子の製造法において、該ヒスナス置換希土類鉄ガリウム系単結晶膜に光學材料を接着固定して一体化した後、ダイシソグマシーンにて切断するフナラ子回転子の製造法。

【請求項2】 該ヒスナス置換希土類鉄ガリウム系単結晶膜が、その飽和磁界よりも大きい十分な外部磁界を加えることにより四角形のヒスナリシスカーブを描くものである請求項1記載のフナラ子回転子の製造法。

【請求項3】 該接着固定する光學材料が、ガラス偏光素子である請求項1記載のフナラ子回転子の製造法。

【請求項4】 該接着固定する光學材料が、複屈折板である請求項1記載のフナラ子回転子の製造法。

【請求項5】 該接着固定する光學材料が、ガラスまたはガラスに金属を蒸着してなる金属薄膜ミラーである請求項1記載のフナラ子回転子の製造法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、保磁力を有するヒスナス置換希土類鉄ガリウム系単結晶(以下、BIGと記す)膜からなるフナラ子回転子の製造法であり、詳しくは、予め、光學材料を被切断物であるBIG膜に接着固定して一体化し、これをダイシソグマシーンで切断して、切断する際に生じるチビソグ、またハソグ等で生じる表面のキズなどを抑えることによりBIG膜にこれら欠陥が生じた場合に、外部磁界が無い場合にBIG膜が磁化を保持する力が低下すること、すなわち、BIG膜の保磁力が低下することを防ぐものである。

【0002】

【従来の技術】化学式： $(RBi)_{1-x}(FeM)_xO_2$ (式中のRはY, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb およびLuからなる群から選択される1種または2種以上)であり、MはAlおよびGaの1種または2種以上である。)で表されるヒスナス置換希土類鉄ガリウム系単結晶(BIG)膜は、液相エピタキシャル(LPE)法で工業的に製造されている。そして、大きなフナラ子効果を示すことから、これを利用して光アイソレータ、光スイッチあるいは光サーキュレータと云ったデバイスが次々と実用化されている。

【0003】フナラ子効果とは、磁気光学効果の一種であって、フナラ子効果を示す材料(フナラ子回転子)を透過した光の偏波面が回転する現象であり、該偏波面の回転方向とその大きさは、フナラ子回転子への光の入射方向とは関係せず、フナラ子回転子に加えた外部磁界の強度とその方向に依存する現象である。BIG膜をフナラ子回転子とする場合について、図を用いて説明する。図1は、ヒスナリシスを持たないBIG膜の場合

ータや光サーキュレータが作製できるとの視点から、本発明者らは、保磁力が大きい四角形のヒステリシスループを描く BIG 膜を開発した(特願平8-140020)。永久磁石を不要として、小型で組立コストの安い光アイソレータや光サーキュレータを作製し、これが様々な環境下で動作するためには、BIG 膜が大きい保磁力、その絶対値が飽和磁界 H_s よりも十分に大きいことが望まれる。

【0009】しかし、製品サイズよりも十分に大きい BIG 膜の状態ですら十分に大きい保磁力を示すものも、所望の製品形状に切断する際に生じるチップングやハンドリングなどが原因となって表面についた溝状のキズにより、保磁力が著しく低下するという重大な問題に直面した。チップングとは、切断の際に、BIG 膜の下側の切断面のエッジが欠ける現象であり、硬くて脆い BIG 膜のダイシングマシンによる切断で、これを完全に回避することは極めて困難であった。

【0010】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は、飽和磁界よりも大きい十分な外部磁界を加えて、外部磁界を除いた後にも保磁力を示す特性のビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜を所定の大きさに切断することからなるファラデー回転子の製造法において、該ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜に光学材料を接着固定して一体化した後、ダイシングマシンにて切断するファラデー回転子の製造法である。

【0011】本発明において、該保磁力を示す特性の BIG 膜としては、磁化処理により四角形のヒステリシスループを描くものが好適である。また、接着固定する光学材料としては、ガラス偏光素子、複屈折板、ガラスまたはガラスに金属を蒸着してなる金属薄膜ミラーが挙げられる。

【0012】以下、本発明を詳細に説明する。まず、室温で角型ヒステリシスを示すビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶(BIG)は、磁気的な関与の大きい希土類イオン Gd, Tb, Ho を主成分としたものに多く、例えば、 $(\text{GdYBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{TbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ (特開平08-140020)、 $(\text{TbHoBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ (特開平08-186192)などがある。また、磁性イオンではない La, Y を主成分とした BIG: $(\text{YLaBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ においても、Ga を多量に置換すると角型ヒステリシスを示すようになる。

【0013】しかし、一般にファラデー回転子としての BIG としては、ファラデー回転角の温度変化の大きい $(\text{YLaBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ など Ga を多量に置換された BIG は不向きである。また、使用温度範囲(例えば -40~90℃)で安定して動作するためにはこの温度範囲で十分な保磁力を有することが必須である。これらから、本発明においては、 $(\text{TbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ が最も好ましい。

【0014】BIG は、その目的とする用途に応じて、適宜、ガラス偏光素子、複屈折板、ガラスまたはガラスに金属を蒸着してなる金属薄膜ミラーなどを組み合わせて

使用される。例えば、光アイソレータでは、相互の偏光方向を45度傾けた2枚の偏光素子または2枚の複屈折板で BIG を挟んで配置される。光サーキュレータや光スイッチでは、偏光方向によって光路を分ける偏光プリズムや複屈折板と $\lambda/2$ 位相差板で BIG を挟んで配置される。また、ファラデーミラーには反射板が用いられ、光磁界センサでは反射板と偏光素子とで BIG を挟んで配置される。これらの使用目的に応じて選択した光学材料を両面に接着固定し、ダイシングマシンにて切断することにより、新たにこれら光学材料を配置することなく、目的に使用可能となり好ましいものである。上記により本発明のファラデー回転子を製造法するが、本発明においては、切断後、熱処理し、その後に外部磁界を加えて着磁処理することが好ましい。

【0015】

【効果】保磁力の低下が防止されたビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶(BIG)膜からなるファラデー回転子が得られた。そして、目的とする光学材料が BIG 膜に接着固定されているので、目的とする光学機器の組立も容易で簡便となった。

【0016】

【実施例】実施例 1

5,000(Oe)の外部磁界による着磁にて保磁力 420(Oe)を示した厚み 0.4mm、10mm×10mmの BIG 膜($(\text{TbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$)を厚み 0.3mm、10mm×10mmのガラス板にて挟み込んでエポキシ系の接着剤で固着した後、大きさ 1mm×1mm(81個)に切断した。切断機にはディスコ社製ダイシングソーを使用し、厚さ 100 μm のダイヤモンドブレードにて毎秒 0.3mm の速度にて行なった。得られた 1mm×1mm 品81個を 150℃で 1時間熱処理した後、室温 5,000(Oe)の外部磁界にて着磁して、保磁力を測定した。その結果、最も小さい保磁力を示したものの値は 320(Oe)であった。

【0017】実施例 2

実施例 1 において、厚み 0.3mm、10mm×10mmのガラス板に代えて、厚み 0.2mm、10mm×10mmのガラス偏光素子(コーニング社製、商品名;ポラコア)を用い、相互の偏光方向45度に設定して用いた他は同様とした。その結果、最も小さい保磁力を示したものの値は 300(Oe)であった。

【0018】実施例 3

実施例 2 において、厚み 0.2mm、10mm×10mmのガラス偏光素子に代えて、厚み1mm、10mm×10mmのルチル偏光素子を用いた他は同様とした。なお、切断前の BIG 膜について、5,000(Oe)の外部磁界にて着磁したところ、その保磁力は 410(Oe)を示した。その結果、最も小さい保磁力を示したものの値は 330(Oe)であった。

【0019】実施例 4

5,000(Oe)の外部磁界による着磁にて保持力 460(Oe)を示した厚み 0.4mm、10mm×10mmの BIG 膜($(\text{TbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$)

* 理した後、同様の着磁処理を行った。その結果、保磁力は120(0e)であり、大幅に低下した。

【図面の簡単な説明】

【図1】 磁気的なヒスナリシスを示さないヒスナス置換希土類鉄ガーネット単結晶の磁気特性の一例を示す模式図である。

【図2】 やや大きい磁気的なヒスナリシスを示すヒスナス置換希土類鉄ガーネット単結晶の磁気特性の一例を示す模式図である。

【図3】 大きな磁気的なヒスナリシスを示すヒスナス置換希土類鉄ガーネット単結晶の磁気特性の一例を示す模式図である。

【図4】 大きな磁気的なヒスナリシスのため、四角形のヒスナリシスループをなすヒスナス置換希土類鉄ガーネット単結晶の磁気特性の一例を示す模式図である。

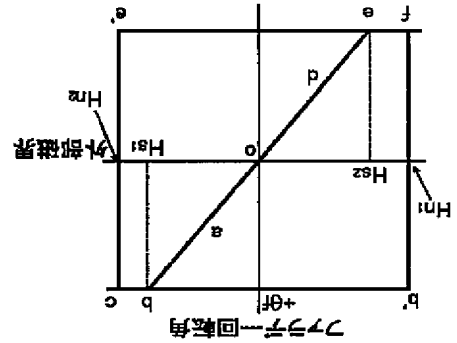
1) 5.0 μ g) を、厚み1mm、10mm \times 10mmのガラス板と片面に金属薄膜蒸着した厚み1mm、10mm \times 10mmのガラスミラーのガラス面とにて挟み込んでエポキシ系の接着剤で固着したものを用いる他は、実施例1と同様にした。その結果、最も小さい保磁力を示したものの値は290(0e)であった。

【0020】 比較例1

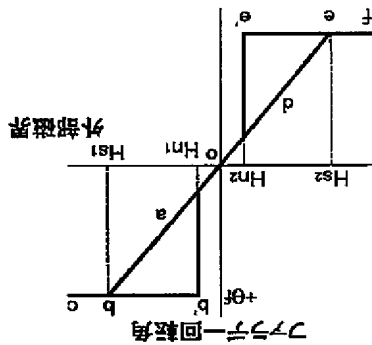
5,000(0e)の外部磁界による着磁にて保持力450(0e)を示した厚み0.4mm、10mm \times 10mmのBIG膜((TbBi)₃(FeGa 1)₅O₁₂)を、そのまま切断に使用する他は実施例1と同様にした。その結果、最も小さい保磁力を示したものの値は180(0e)であった。

【0021】 比較例2

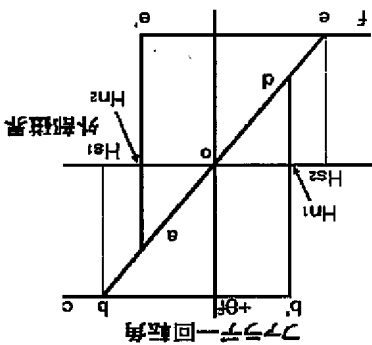
比較例1にて切断したヒスナス置換希土類鉄ガーネット単結晶の中で、平均的な保磁力360(0e)を有する試料の表面にガラス切りにてキスをつけて、150°Cで1時間処



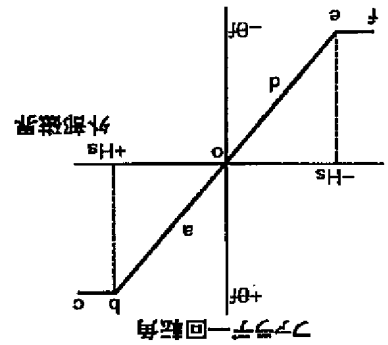
【図4】



【図3】



【図2】



【図1】